

VÝSLEDKY ANALÝZ ASIMILAČNÝCH ORGÁNOV A PÔD AKO PRÍSPEVOK K RIEŠENIU PROBLEMATIKY ŽLTNUTIA SMREKA NA KYSUCIACH

Blanka MAŇKOVSKÁ, Pavol PAVLENDÁ, Denisa SEDMÁKOVÁ

Žltnutie smrečín v niektorých regiónoch Slovenska sa v poslednom období stalo závažným problémom pre lesnícku prevádzku i výskum. Jedným z týchto regiónov sú aj Kysuce. Oblasť na hranici medzi Slovenskom, Českou republikou a Poľskom bola vyhlásená za druhý čierny trojuholník v Európe s extrémnym vplyvom ťažkých kovov, oxidov síry a dusíka. Navyiac je potrebné v tejto oblasti uvažovať s vplyvom ozónu, CO₂, prchavými organickými látkami a s faktorom otepľovania (MAŇKOVSKÁ, 1996; MARKERT a kol., 1996). Emisie týchto škodlivín pochádzajú z ostravsko-karvinskej a katovickej aglomerácie; na slovenskej strane niet výrazných emisných zdrojov. Na Kysuciach prevažuje kyslý depozičný typ s popolčkami a ťažkými kovmi (MAŇKOVSKÁ, 1996). Čiastočne sme prejavy žltnutia smrečín a možný vplyv pôdnych vlastností analyzovali už v minulom roku (PAVLENDÁ, 2001). V súčasnosti máme k dispozícii aj ďalšie aktuálne výsledky z oblasti Kysúc získané počas vypracovania projektu ozdravných opatrení pre OZ Čadca. Cieľom tohto príspevku je predloženie údajov o výsledkoch chemických analýz asimilačných orgánov smrekov (zelené a žlté ihličie) a pôdy na Kysuciach.

Metodika a materiál

Na vybraných lokalitách OZ Čadca (Hanzlov a Vreščovka v rámci LS Oščadnica, Čadečka v rámci LS Čadca a tri lokality v rámci LS Stará Bystrica) boli odobrané vzorky pôdy a asimilačných orgánov smrekov v rôznych vekových stupňoch. Pôdne vzorky boli odobraté z hĺbok 0–5 cm (A horizont), 15–20 cm (časť B horizontu) a z pokryvného humusu. Príprava vzoriek a chemické analýzy boli vykonané v súlade s manuálom európskeho monitoringu – programu ICP Forests (ICP, 1994), resp. ČMS Lesy (BUCHA a kol., 1998) so zameraním na pôdnu reakciu a obsah výmenných báz. Odber vzoriek lesných drevín na LS Hanzlov (205a, 207a, 208d III, 224b); Vreščovka (246b, 247b III, 249 II, 253b), LS Čadca (454a, 446 I, 435 II, 433 III) a LS Stará Bystrica (4001, 3010) bol vykonaný podľa medzinárodnej metodiky (ICP, 1994). Z každého porastu boli vybrané párové vzorníky smrekov (s 1 r zeleným a s 1 r žltým ihličím) a vzorka pôdy. Vzorky asimilačných orgánov boli analyzované neumyté. Vzorky boli vysušené pri teplote nepresahujúcej 80 °C 24 hodín a dôkladne zhomogenizované.

Tlaková mineralizácia bola vykonaná pomocou mikrovlnnej pece MDS 2000 (firmy CEM). Celkový obsah C, N, S v ihličí a v pôde bol stanovený pomocou CNS analyzátora typ FLASH EA, 1112 Séria firmy ThermoQuest Italia S.P.A., Miláno, Taliansko. Vzorka bola navážená do cínovej kapsule a spálená v kyslíkovo-héliovej atmosfére 900 °C. Celkový obsah B, P, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na a Zn bol stanovený metódou atómovej absorpčnej spektroskopie analyzátorom ICP 3000 (firmy LECO). Ostatné elementy boli stanovené pomocou atómovej absorpčnej spektrometrie na AA Varian Techtron.

Výsledky a diskusia

Imisné vplyvy v predchádzajúcom období silnej imisnej záťaže, ale aj kvalita depozícií v súčasnom období, sa odrážajú aj na stave lesných pôd. Podľa klasifikovaných jednotiek je pôdny kryt na hodnotených územiach pomerne homogénny. Absolútne tu dominujú kambizeme typické (hnedé lesné pôdy), väčšinou nenasýtené – kyslé. V dôsledku dlhodobej imisnej záťaže však došlo k ich značnému zakysleniu. Výsledky z viacerých hodnotení stavu pôd v uplynulých rokoch preukázali nesúlad súčasného stavu niektorých pôdnych vlastností

a mapovaných pôdnych jednotiek, ako aj typologických jednotiek. Na lokalite Hanzlov – Vreščovka (LS Oščadnica) prevažuje lesný typ 5304 – nitrofilná papradinová jedľová bučina nst., na lokalite Čadečka (LS Čadca) dominuje lesný typ 5206 – živná papradinová buková jedlina nst. Z ďalších pôdnych typov majú významnejšie zastúpenie aj 5301 – nízkoobylinná jedľová bučina nst a 5204 – živná kysličková buková jedlina nst. Prevažovali tu teda živné, resp. prechodné spoločenstvá. V súčasnosti je však na značnej časti týchto území hodnota pH pod hodnotou 4,0, čo zodpovedá z pôdoznaleckého hľadiska skôr podzolom a dystrickým kambizemiam, z typologického hľadiska skôr spoločenstvám kyslého radu A, než pôvodne mapovaným pôdnym a typologickým jednotkám. Podobne ako pôdna reakcia, aj zásoby výmenných báz a nasýtenie sorpčného komplexu vykazujú nepriaznivé zmeny.

Popri zakyslení pôd tu môže byť dôležitá tiež akumulácia rizikových prvkov (najmä olova) v pokryvnom humuse z predchádzajúceho obdobia. Hoci nemožno hovoriť o priamej toxicite a kontaminácii, zvýšené koncentrácie sa v podmienkach extrémne kyslých pôd môžu podieľať na nepriaznivom pôsobení ne lesné dreviny. Výsledky analýz odobratých vzoriek sú v tab. 1. Z výsledkov je zrejmé, že pôdy sú vo všeobecnosti silne kyslé. Najnižšie hodnoty pH sú v hĺbke 0–5 cm. V hĺbke 15–20 cm acidita nie je tak výrazná. V pokryvnom humuse je taktiež acidita o niečo miernejšia, priaznivejší je tu stav z hľadiska disponibilných zásob vápnika, horčíka, draslíka i fosforu ako hlavných živín, ale tiež z hľadiska obsahu mikroživín. Hĺbka 0–5 cm je typická výrazne vyšším obsahom prístupného železa.

Pri porovnaní jednotlivých lokalít je tiež viditeľné, že vo všeobecnosti je priaznivejší stav pôd na odberových miestach na území LS Stará Bystrica. Naopak, najviac zakyslené sa javia niektoré porasty na LS Oščadnica. Na LS Čadca sú výrazné rozdiely v nameraných hodnotách spôsobené tým, že časť územia bola už v minulosti vápnená (vzorka z porastu 437b). Tu je výrazne zvýšený obsah vápnika a najmä horčíka v pokryvnom humuse a v hĺbke 0–5 cm. Platí to samozrejme aj pre namerané hodnoty pH.

Koncentrácie elementov v 1 r ihliciach *P. abies* (v mg. kg⁻¹) podľa LS a zafarbenia ihličia sú uvedené v tab. 2, podľa sfarbenia ihličia v tab. 3. Silnou tlačou je označené prekročenie limitných hodnôt (MAŇKOVSKÁ, 1996), podčiarknuté sú podlimitné, nedostatočné hodnoty. V tab. 3 sú štatisticky zhodnotené rozdiely medzi 4 sledovanými lesnými správami a sfarbením ihličia. **Silne sú označené prekročené limitné hodnoty a podčiarknuté sú označené nedostatočné, podlimitné hodnoty;** pomer S/N je nevyrovnaný v prospech S; Variabilita **vápnika** v smrekovom ihličí závisí na pôde. Obsah vápnika v zásade koreluje s hladinou Mg. Varičné rozpätie vápnika (v mg.kg⁻¹) bolo: 1 021– 11 025 u 1 r ihličia smreka. V rastlinách Ca nie je taký pohyblivý ako Mg a preto by mohol byť akumulovaný v starších rastlinných tkanivách. Optimálny obsah Ca sa pohybuje od 1 500 do 6 000 (MAŇKOVSKÁ, 1996). Zvýšené obsahy vápnika sme našli u 1 r ihličia v poraste 2494 Čadečka a 3494 Stará Bystrica. Nedostatok vápnika sa prejavil v porastoch 246b Vreščovka, 435 III – Čadečka a 4001 – Stará Bystrica. V ostatných porastoch bola hladina Ca optimálne vyrovnaná. Na všetkých sledovaných lokalitách žlté ihličie obsahovalo vždy menej Ca ako zelené ihličie.

Fosfor patrí medzi esenciálne elementy a jeho limitná hodnota sa pohybuje medzi 1 000– 1 500 mg.kg⁻¹ (STEFAN, 1997 a MAŇKOVSKÁ, 1996). Koncentrácie fosforu (v mg.kg⁻¹) sa pohybovali v rozmedzí: u 1 r ihličia smreka 673–2 379. Zvýšené obsahy fosforu sme zistili v poraste 247b III – Vreščovka a poraste 3494 – Stará Bystrica. Nedostatok fosforu sa prejavil v porastoch 246b 249II a 253 b – Vreščovka, porast 446 I, 435 II a 433 III – Čadečka a porast 3010 – Stará Bystrica. Na všetkých sledovaných lokalitách žlté ihličie obsahovalo vždy menej P ako zelené ihličie s výnimkou porastu 224b – Hanzlov a 246aII – Vreščovka. **Železo** je typický element s fyziologickou enzymatickou funkciou a patrí medzi

Tabuľka 1. Výsledky analýz pôdnych vzoriek

Lokalita	Porast	Vzorka	pH _{H2O}	pH _{-CaCl2}	EA	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	P _M	Zn _B	Mn _B	Fe _B	Cu _B
					cmol ⁺ .kg ⁻¹				mg.kg ⁻¹				
Hanzlov	206	1 humus	4,07	3,44	7,34	8,10	1,23	0,30	35,1	13,8	132	65	1,31
		1 0– 5 cm	4,10	3,50	8,33	2,25	0,45	0,11	15,1	1,8	21	148	0,31
		1 15–20 cm	4,67	3,91	5,46	2,77	0,87	0,09	28,1	5,5	20	58	0,39
	223	2 humus	4,20	3,40	6,01	7,67	1,23	0,38	15,4	18,0	301	18	0,91
		2 0– 5 cm	4,03	3,32	11,02	1,72	0,48	0,16	17,9	2,4	22	140	0,34
		2 15–20 cm	4,4;4	3,75	6,65	1,42	0,41	0,10	8,5	2,7	16	45	0,42
	252	3 humus	3,86	3,17	10,04	5,60	1,02	0,46	48,8	12,5	163	35	1,05
		3 0– 5 cm	3,68	3,05	11,79	2,53	0,68	0,20	12,2	4,6	34	169	0,45
		3 15–20 cm	4,33	3,77	7,60	1,01	0,33	0,09	17,0	2,2	32	38	0,37
	259a	4 humus	3,89	3,08	13,44	6,89	1,18	0,28	11,8	13,7	71	23	0,80
		4 0– 5 cm	3,83	3,20	22,87	0,95	0,44	0,10	16,5	2,7	8	370	0,30
		4 15–20 cm	4,28	3,82	10,26	0,64	0,32	0,15	12,1	1,2	2	33	0,41
Čadečka	444	5 humus	3,94	3,35	8,52	11,30	1,77	1,26	44,3	14,2	238	13	0,90
		5 0– 5 cm	3,84	3,28	7,39	1,90	0,64	0,29	16,2	2,6	19	154	0,38
		5 15–20 cm	4,93	4,18	4,61	5,23	1,19	0,21	27,0	7,7	15	19	0,39
	452	6 humus	4,36	3,53	4,52	11,14	2,22	0,95	29,6	13,0	219	16	1,33
		6 0– 5 cm	4,07	3,31	7,65	1,55	0,69	0,26	9,2	1,6	13	107	0,25
		6 15–20 cm	4,47	3,77	4,95	1,38	0,43	0,10	8,7	3,9	10	26	0,22
	437b	7 humus	6,41	5,96	1,71	35,03	19,15	0,45	23,5	8,8	87	7	0,44
		7 0– 5 cm	4,75	4,22	3,31	7,20	6,52	0,17	18,8	2,8	15	94	0,26
		7 15–20 cm	4,44	3,71	6,81	0,86	0,60	0,06	13,8	1,4	15	26	0,25
St. Bystrica	3494	8 humus	4,55	3,83	1,95	21,50	2,65	1,90	60,6	23,1	88	4	0,35
		8 0– 5 cm	4,96	3,95	2,93	5,60	0,83	0,26	20,9	6,3	23	34	0,17
		8 15–20 cm	4,97	4,13	3,09	3,88	0,64	0,10	8,1	1,0	7	17	0,25
	4001	9 humus	4,50	3,77	2,06	17,64	2,83	0,93	38,7	12,0	191	4	0,33
		9 0– 5 cm	4,26	3,47	5,25	3,13	0,73	0,22	12,2	2,2	29	53	0,17
		9 15–20 cm	4,72	3,87	3,87	2,34	0,55	0,11	5,7	1,2	6	16	0,34
	3010	10 humus	4,68	3,31	2,28	16,81	2,68	1,28	51,0	27,9	205	12	0,93
		10 0– 5 cm	4,24	3,49	4,48	1,30	0,75	0,16	17,6	2,2	13	25	0,22
		10 15–20 cm	4,54	3,85	3,67	2,23	0,79	0,11	11,5	2,4	26	22	0,23

Tabuľka 2. Koncentrácie elementov v 1-ročných ihliciach *P. abies* podľa LS a podľa sfarbenia

Element Ihličie	LS Hanzlov		LS Vreščovka		LS Čadca		LS Stará Bystrica	
	Žlté	Zelené	Žlté	Zelené	Žlté	Zelené	Žlté	Zelené
N	10975(1457)	16525(3226)	<u>8640(1680)</u>	16800(2987)	<u>8725(1684)</u>	17225(3410)	<u>9000(2193)</u>	16268(2098)
S	1070(194)	1290(265)	<u>790(71)</u>	1366(250)	<u>783(57)</u>	1365(379)	<u>810(131)</u>	1237(64)
P	1475(316)	1654(192)	1114(519)	1500(525)	<u>865(173)</u>	1473(211)	<u>996(496)</u>	1585(478)
K	4435(1818)	5913(891)	4198(1970)	5781(1076)	5330(1221)	6468(523)	4966(2831)	6856(1104)
Ca	2834(919)	4745(936)	1967(1073)	3690(1626)	2511(1378)	5610(1637)	4083(2752)	7453(3076)
Mg	625(153)	799(79)	626(99)	836(229)	622(243)	977(75)	674(261)	989(238)
Mn	504(227)	514(121)	722(334)	1094(731)	770(552)	1545(374)	609(387)	1383(767)
Fe	51,0(12,9)	<u>45,8(5,9)</u>	58,0(11,6)	93,2(45,7)	94,5(28,9)	102(8,6)	75,0(33,1)	83,0(15,6)
Zn	<u>20,8(5,9)</u>	41,8(10,2)	<u>14,9(8,7)</u>	31,0(8,0)	38,2(47,4)	31,7(5,9)	<u>18,1(8,7)</u>	38,2(9,0)
Cu	5,13(0,36)	6,15(0,75)	6,44(2,56)	6,42(0,83)	4,98(0,85)	5,85(1,03)	4,53(0,50)	5,20(0,56)
B	<u>7,03(4,56)</u>	<u>7,65(4,34)</u>	<u>7,66(3,37)</u>	<u>8,90(4,25)</u>	<u>4,53(3,04)</u>	<u>7,35(3,46)</u>	<u>5,43(1,37)</u>	<u>11,6(1,66)</u>
S/N	0,097(0,013)	<u>0,078(0,008)</u>	0,093(0,011)	<u>0,081(0,013)</u>	0,092(0,015)	<u>0,079(0,010)</u>	0,091(0,007)	<u>0,077(0,009)</u>
Fe/Mn	<u>0,114(0,047)</u>	<u>0,091(0,016)</u>	<u>0,094(0,044)</u>	<u>0,115(0,081)</u>	<u>0,168(0,121)</u>	<u>0,071(0,027)</u>	<u>0,133(0,025)</u>	<u>0,078(0,051)</u>
Ca/Mg	4,52(0,64)	5,99(1,31)	3,09(1,43)	4,63(2,40)	3,98(1,69)	5,76(1,71)	5,44(2,42)	7,35(1,92)

Tabuľka 2. Obsah elementov v 1 r žltom a zelenom ihličí smreka (v mg.kg⁻¹) a limitné hodnoty

Element Ihličie	N	S	P	K	Ca	Mg	Mn
Žlté	<u>9313(1808)</u>	<u>862(165)</u>	1120(430)	4684(1812)	2716(1562)	634(169)	658(364)
Zelené	16756(2739)	1323(251)	1548(355)	6187(933)	5139(2133)	891(176)	1116(642)
Limit	12000–17000	1000–1500	1000–2000	3500–9000	1500–6000	600–1500	200–1000
Element Ihličie	Fe	Zn	Cu	B	S/N	Fe/Mn	Ca/Mg
Žlté	68,6(26,2)	<u>22,8(24,0)</u>	5,39(1,59)	<u>6,3(3,3)</u>	0,093(0,01)	<u>0,125(0,07)</u>	4,11(1,65)
Zelené	81,7(33,4)	35,2(8,9)	5,98(0,87)	<u>8,7(3,7)</u>	<u>0,079(0,009)</u>	<u>0,091(0,05)</u>	5,76(1,97)
Limit	50–200	30–45	2–5	15–20	0,083–0,088	0,5	2,5–4,0

Tabuľka 3. Štatistické vyhodnotenie výsledkov analýz

Element	Medzi LS			Medzi sfarbením		
	F	p	významnosť	F	p	významnosť
N	0,538	0,688	N	115,6	0,001	**
S	0,526	0,694	N	26,2	0,014	*
P	2,863	0,205	N	19,5	0,022	*
K	11,02	0,040	*	105,8	0,002	**
Ca	8,16	0,059	N	36,9	0,009	**
Mg	1,60	0,354	N	37,0	0,009	**
Mn	2,33	0,252	N	7,00	0,077	N
Fe	5,09	0,107	N	1,52	0,305	N
Zn	0,706	0,609	N	3,79	0,147	N
Cu	6,88	0,074	N	6,36	0,086	N
B	1,017	0,495	N	5,43	0,102	N
S/N	1,29	0,419	N	82,98	0,002	**
Fe/Mn	0,087	0,963	N	2,089	0,244	N
Ca/Mg	107,7	0,001	**	277,8	0,001	***

esenciálne elementy. Vo vyšších koncentráciách železo pôsobí na rastliny toxicky. Optimálna hodnota pre železo sa pohybuje od 50–150 mg.kg⁻¹ (MAŇKOVSKÁ, 1996). Koncentrácia železa u 1 r ihličia smreka sa pohybovala v rozmedzí 37–169 mg.kg⁻¹. Koncentrácia železa je pod optimálnou hranicou dostatku u 25 % sledovaných lokalít, zvýšená je v poraste 246b Vreščovka a na ostatných lokalitách je optimálne vyrovnaná. Pomer Fe/Mn je nevyrovnaný.

Obsah **draslíka** je optimálne vyrovnaný na všetkých sledovaných lokalitách. Obsah draslíka podľa údajov 3 500 do 9 000 mg.kg⁻¹ je dostatočný. Variabilita draslíka v asimilačných orgánoch lesných drevín závisí na pôde.

Variabilita **horčíka** v asimilačných orgánoch lesných drevín závisí na pôde. Hodnoty pre optimum horčíkovej výživy sa pohybujú od 600–1 500 mg.kg⁻¹ (STEFAN, 1997). Koncentrácia horčíka je vyššia u starších ročníkov ihličia u zdravých jedincov. Nízke hodnoty Mg korelujú so žltnutím ihličia. Varičné rozpätie horčíka sa pohybuje (v mg.kg⁻¹): od 381–1 175 u 1 r smrekového ihličia. Podlimitná hladina horčíka sa prejavila v porastoch: 208d a 224b – Hanzlov; 246aII a 246b – Čadečka; 4001 – Stará Bystrica. V ostatných porastoch je Mg optimálne vyrovnaný. Disproporcie sa však prejavili pri hodnotení Ca/Mg, kde tento pomer bol nevyrovnaný u 84 % porastov.

Mangán patrí medzi esenciálne elementy, ale vo vyšších koncentráciách je škodlivý. Mobilizácia mangánu indikuje narušenie fyziologickej rovnováhy vedúcej k zmene pomeru so železom (pomer má byť 1 : 2). Zo skúmaných parametrov len obsahy mangánu v ihličí smreka korelujú s jeho stratou ihličia. Preto sa mangán hodnotí ako ukazovateľ škôd na drevinách. Už fáza mobilizovania mangánu ukazuje labilný stav v režime minerálnych látok lesa i stromov. Pre smrekové ihličie sa udáva prah nedostatku Mn pod 200 mg.kg⁻¹, optimálny obsah od 200 do 1 000 a zvýšený obsah nad 1 000 mg.kg⁻¹. KAUPENJOHAN et al. (1989) zistili v zdravom smrekovom ihličí hodnoty 320 mg.kg⁻¹ a v chradnúcim 1 300 mg.kg⁻¹. Hodnoty mangánu, ktoré sme zistili u vzorníkov boli významne zvýšené na Vreščovke (porast 247b II, 249II), na Čadečke (porast 454a, 446 I, 435 II) a Starej Bystrici (porast 4001 a 3010).

Síra a dusík patria medzi štrukturálne elementy. Zvýšené množstvá oboch elementov v rastlinnom materiáli sú spôsobené znečisteným ovzduším. Síra je dôležitý element v biogeochemii lesných ekosystémov na základe jej úlohy ako esenciálnej rastlinnej výživy. Pri poškodzovaní lesného ekosystému je potrebné uvažovať s tromi hlavnými príčinami: poškodenie koreňov z humusového komplexu, poškodenie asimilačných orgánov a redistribúcia síry do starších orgánov (staršie listy, drevo, ap.). Síra je významná živina, ktorá limituje rast drevín (MAŇKOVSKÁ, 1996). Koncentrácie **síry** (v mg.kg^{-1}) sa u 1 r smrekového ihličia pohybovali od 690 do 1 780. Prekročenie optimálnej hladiny S sme našli na LS Čadečka (461 I, 433 III) a Vreščovka (247b III). Nedostatočné koncentrácie síry sa našli vo všetkých porastoch Vreščovky, Čadečky a Starej Bystrice u žltého ihličia v porovnaní so zeleným ihličím. Na LS Hanzlov bol obsah síry optimálny s výnimkou porastu 224 b kde bol obsah síry nedostatočný ako u zeleného tak u žltého ihličia. Optimálne hodnoty síry v ihličí smreka sa pohybujú v rozpätí 1 000–1 500 mg.kg^{-1} (STEFAN a kol., 1997), čo je v dobrej zhode s našimi údajmi (MAŇKOVSKÁ, 1988, 1996). V imisných oblastiach hladina síry v ihličí výrazne stúpa až na 5 000 mg.kg^{-1} . Vyššie hodnoty treba považovať za nežiaduce. Zistené údaje o celkovej síre v asimilačných orgánoch lesných drevín sú však prekvapivo vysoké v porovnaní s našimi údajmi z roku 1975 (MAŇKOVSKÁ, 1996). Potvrdzujú výrazný vplyv oxidov síry na celom Slovensku.

Koncentrácia **dusíka** (v mg.kg^{-1}) u vzorníkov smrekového ihličia sa pohybovala v rozmedzí 7 400–21 400. Koncentrácia dusíka od 12 000–17 000 mg.kg^{-1} je dostatočná pre smrek.

Zvýšené hladiny dusíka sme zistili u 24 % vzoriek u zeleného ihličia: Hanzlov (208 d, 224 b), Vreščovka (246a II, 247b III), Čadečka (446 I, 433 III) a Stará Bystrica (4001). Žlté ihličie obsahovalo menej N ako zelené ihličie u všetkých sledovaných porastoch. Koeficient molárneho pomeru S/N v smrekovom ihličí bol nevyrovnaný na všetkých sledovaných lokalitách u smrekových vzorníkov aj u mladiny.

Koncentrácie **medi** (v mg.kg^{-1}) vzorníkov smrekového ihličia sa pohybovali v rozmedzí 4,0 – 11,0 a boli zvýšené na 75 % všetkých lokalitách s výnimkou týchto porastov: Hanzlov (208d III); Vreščovka (249 II); Čadečka (454a, 435 II); Stará Bystrica (3494, 4001, 3010), kde bol z hľadiska výživy obsah medi optimálny.

Obsah **zinku** (v mg.kg^{-1}) vzorníkov smrekového ihličia sa pohyboval v rozmedzí 7,3 – 109,0. Koncentrácia zinku má kolísavý trend. Bola zvýšená v porastoch Hanzlov (224 b), Čadečka (454a); a Stará Bystrica (3494). Optimálna koncentrácia bola u zeleného ihličia, oproti nedostatočným hodnotám u žltého ihličia.

Obsah **bóru** bol nedostatočný vo všetkých sledovaných porastoch.

Záver

Podrobné výsledky opäť potvrdili acidifikáciu pôd a nízke zásoby báz (výrazne nižšie hodnoty pH než zodpovedajú typologickým a pedologickým jednotkám). Najviac zakyslené pôdy v rámci daného záujmového územia sú na zatiaľ nevápnenej časti lokality na LS Čadca a na lokalite Vreščovka (LS Oščadnica). Relatívne priaznivé pôdy sú na LS Stará Bystrica.

Podľa výsledkov analýz asimilačných orgánov sú tu relatívne nízke obsahy B, Zn a čiastočne Mg. Nie sú však výrazné regionálne a lokálne rozdiely, ale skôr výrazné rozdiely medzi žltými jedincami a jedincami bez symptómov na tej istej lokalite, často aj na stromoch rastúcich tesne vedľa seba, v hladine hlavných živín v ihličí, hoci v pôde je ich deficit prakticky vylúčený. To sa týka najmä obsahu dusíka. Toto indikuje skôr fyziologické oslabenie stromov, ktoré bráni v prijímaní živín z pôdy. Melioračné opatrenia teda skôr čiastočne kompenzujú nepriaznivý stav pôd a zmiernia stresové pôsobenie nepriaznivých vlastností pôdy na dreviny, ale negarantujú optimalizáciu výživy stromov oslabených inými

nepriaznivými činiteľmi. Z hľadiska možností ozdravných opatrení je zrejmé, že čiastočne možno aciditu pôdy korigovať vápnením a deficit živín priamou aplikáciou hnojív s obsahom príslušných mikroelementov.

Celkove možno konštatovať, že pôdne pomery a podmienky výživy stromov sa podieľajú na danom stave lesa len čiastočne. Niektoré nepriaznivé efekty (zaťaženie sĺrou, ťažkými kovmi) však nemožno úspešne korigovať bežnými lesníckymi ani melioračnými opatreniami.

Literatúra

- BUCHA a kol., 1998: Manuál metód a kritérií pre harmonizáciu odberov, hodnotenia a analýz vplyvu znečisteného ovzdušia na lesy – ČMS Lesy. LVÚ Zvolen, 122 s.
- ICP, 1994: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forest. 3rd edition, Programme Coordinating Centre West, BHF, Hamburg: 45.
- MAŇKOVSKÁ, B., 1996: Geochemical atlas of Slovakia– forest biomass (Slovak, English). Geological Service of Slovak Republic, Bratislava, ISBN 80–85314–51–7: 87.
- MARKERT, B., HERPIN, U., MAŇKOVSKÁ, B., et al.,1996: A comparison of heavy metal deposition in selected Eastern European countries using the moss monitoring method, with special emphasis on the "Black Triangele". Sci tot.Environ. 193: 85–100.
- PAVLENDÁ, P., 2001: Vlastnosti pôd a ich vplyv na zdravotný stav smrečín. In: Aktuálne problémy ochrany lesa ´2001. Zborník referátov z celoslov. seminára v B. Štiavnicí 10.–11.4. 2001, LVÚ/LOS, s. 61–65.
- STEFAN K, FURST A, HACKER R, BARTELS U.,1997: Forest Foliar Condition in Europe. Technical Report. EC and UN/ECE, Brussels, Geneva: 207.
- ŠRÁMEK, V., LOMSKÝ, V., 2001: Žloutnutí smrkových porostů v České republice – nové projevy staré zátěže? Lesnická Práce, 80, 11:484 – 485.

Ing. Blanka MAŇKOVSKÁ, DrSc.

Ing. Pavol PAVLENDÁ, PhD.

Ing. Denisa SEDMÁKOVÁ

*Lesnícky výskumný ústav
T. G. Masaryka 22
960 92 Zvolen*